

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yuichi KAWAHATA

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: March 25, 2004

Examiner: TBA

For: CONTROL METHOD OF WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATOR, AND
WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATOR

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant submits herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2003-311083

Filed: September 3, 2003

It is respectfully requested that the applicant be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 3-25-04

By: 

John C. Garvey
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 9月 3日

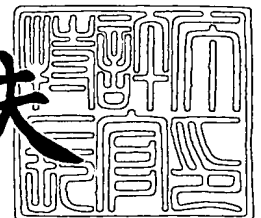
出願番号
Application Number: 特願2003-311083
[ST. 10/C]: [JP 2003-311083]

出願人
Applicant(s): 富士通株式会社

2004年 2月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3005766

【書類名】 特許願
【整理番号】 0351326
【提出日】 平成15年 9月 3日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01J 3/26
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 川幡 雄一
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100078330
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 笹島 富二雄
 【電話番号】 03-3508-9577
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 009232
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9719433

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを取得して記憶し、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、

前記記憶したデータのうちから前記設定条件に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断し、

該判断結果に従って前記反射器の位置を制御し、波長分散補償の運用を開始することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【請求項 2】

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応させて、前記光部品の透過波長特性に関するデータを取得して記憶し、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、

前記光部品の温度を測定し、

前記記憶したデータのうちから前記設定条件および前記光部品の温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、

該判断結果に従って前記光部品の温度を制御し、波長分散補償の運用を開始することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応した透過波長特性について、前記波長分散補償器の周囲環境の温度が変動したときの誤差に関するデータを取得して記憶し、

前記波長分散補償器の周囲環境の温度を測定し、

該測定した波長分散補償器の周囲環境の温度に応じて前記記憶したデータを読み取り、該読み取ったデータに従って、前記判断した光部品の温度を補正することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【請求項 4】

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器であって、

波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて取得した、入射光

の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを記憶する記憶部と、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件が入力され、前記記憶部に記憶されたデータのうちから前記設定条件に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断し、該判断結果に従って前記反射器の位置を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

【請求項 5】

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器であって、

波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応させて取得した、前記光部品の透過波長特性に関するデータを記憶する記憶部と、

前記光部品の温度を測定する第 1 温度センサと、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件が入力され、前記記憶部に記憶されたデータのうちから前記設定条件および前記第 1 温度センサでの測定温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、該判断結果に従って前記光部品の温度を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

【書類名】明細書

【発明の名称】波長分散補償器の制御方法および波長分散補償器

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 光を波長に応じて分波する機能を備えた光部品を利用して構成した波長分散補償器について、高い精度の波長分散補償を実現するための制御技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の波長分散補償器の1つとして、例えば、WDM光を波長に応じて空間的に区別可能な複数の光束に分波する、いわゆるバーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ (Virtually Imaged Phased Array: VIPA) を利用して構成したものが提案されている (例えば、下記の特許文献1, 2参照)。

図6は、従来のVIPA型波長分散補償器の構成例を示す斜視図である。また、図7は、図6の構成例の上面図である。

【0003】

各図に示すように、従来のVIPA型波長分散補償器では、光サーキュレータ120を介して光ファイバ130の一端から出射されたWDM光が、コリメートレンズ140で平行光に変換された後に、ライン焦点レンズ150によって1つの線分の上に集光され、VIPA板110の照射窓116を通して対向する平行平面の間に入射される。このVIPA板110への入射光は、例えば、VIPA板110の一方の平面に形成された100%より低い反射率を有する反射多層膜112と、他方の平面に形成された略100%の反射率を有する反射多層膜114との間で多重反射を繰り返す。その際、反射多層膜112の面で反射するごとに数%の光が当該反射面を透過してVIPA板110の外に出射される。

【0004】

VIPA板110を透過した光は、相互に干渉し、波長に応じて進行方向が異なる複数の光束を作る。その結果、各光束を収束レンズ160で1点に集光すると、各々の集光位置は波長の変化に伴って直線上を移動するようになる。この直線上に例えば自由曲面ミラー170を配置することにより、VIPA板110から出射され収束レンズ160で集光された光は、各々の波長に応じて自由曲面ミラー170上の異なる位置で反射されてVIPA板110に戻される。自由曲面ミラー170で反射された光は、元に伝搬した光路に対して、正確に反対の方向の光路を通して伝搬するため、異なる波長成分は異なる距離を伝搬することになって、WDM光の波長分散補償が行われるようになる。

【0005】

上記のようにVIPA板110で多重反射される光の振る舞いは、例えば図8に示すようなモデルを考えると、階段状の回折格子として周知のエシュロン格子 (Echelon grating) と同様の振る舞いをする。このため、VIPA板110は仮想的な回折格子として考えることができる。VIPA板110における干渉条件を考えると、図8の右側に示すように、出射光はその光軸を基準にして上側が短波長、下側が長波長の条件で干渉するので、WDM光に含まれる複数の光信号のうちの短波長側の光信号が光軸の上側に出射され、長波長側の光信号が光軸の下側に出射されることになる。

【特許文献1】特開平9-43057号公報

【特許文献2】特表2000-511655号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上記のような従来のVIPA型波長分散補償器について、VIPA板110で発生する角分散 (angler dispersion) は、単位波長あたりの分光角度に波長依存性を有することが知られている。VIPA型波長分散補償器では、WDM光の波長帯域の中心波長などを基準として、任意の波長分散 (wavelength dispersion) が生じるように自由曲

面ミラー170の形状が最適設計されている。しかしながら、上記のようなVIPA板110における角分散の波長依存性によって、所望の波長分散値に対する自由曲面ミラー170の最適な波長は設計の基準とした中心波長が唯一のものとなり、光波長が中心波長から離れていくほど所望の波長分散値に対する誤差が大きくなってしまいう課題がある。具体的には、図9(a)～(c)にその一例を示す。図9(a)～(c)は透過損失を各波長帯において一定にした場合の各波長における分散の値の違いを示している。すなわち、WDM光の波長帯域を1530～1560nmのCバンドとして、図9(a)はCバンドの短波長側の透過特性を示し、図9(b)はCバンドの中心波長付近の透過特性を示し、図9(c)はCバンドの長波長側の透過特性を示している。図9(b)に示す中心波長付近で -1200 ps/nm の波長分散値が得られるように設計した場合、Cバンド内で約 0.01° の角分散の差が生じることによって、図9(a)に示す短波長側では -1214 ps/nm 程度の波長分散値が得られ、図9(c)に示す長波長側では -1188 ps/nm 程度の波長分散値が得られることになる。

【0007】

また、公知のVIPA板110は、線形熱膨張を有する物質および温度に依存した屈折率変化を有する物質を用いて製作されており、周囲環境（例えば、空気）の温度が変動すると透過波長特性（エタロン透過周期特性）が変化し、VIPA型波長分散補償器の透過帯域における挿入損失特性が劣化してしまうという問題点もある。例えば図10に示すように、VIPA板110の温度が $0\sim75^\circ\text{C}$ の範囲で変化することによって、透過波長特性が波長軸方向にシフトするようになり、所要の信号光波長に対する透過率が温度に応じて変化してしまう。

【0008】

さらに、VIPA型波長分散補償器の周囲環境の温度を一定に制御したとしても、自由曲面ミラー170を移動させるなどして波長分散値の設定を変更すると、VIPA型波長分散補償器の透過波長特性が変化してしまうという課題もある。具体的には、例えば図11に示すように、一定の周囲環境温度において、波長分散値の設定を 1036.9 ps/nm 、 18.7 ps/nm および -1106.4 ps/nm にそれぞれ変更すると、透過帯域の中心波長や挿入損失最小値等が各々の波長分散値に依存して変化ようになる。このような特性を有するVIPA型波長分散補償器では、WDM光に発生した任意の波長分散を安定して補償することが難しくなってしまう。

【0009】

本発明は上記の点に着目してなされたもので、波長分散補償器について波長分散値の波長依存性を低減させるための制御技術を提供することを目的とする。また、周囲環境の温度変動や波長分散値の設定変更に伴う透過波長特性の変化を抑えるための制御技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するため本発明は、相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法を提供する。この制御方法の第1の態様は、(1)前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを取得して記憶し、(2)運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、(3)前記記憶したデータのうちから前記設定条件に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断し、(4)該判断結果に従って前記反射器の位置を制御し、波長分散補償の運用を開始する、(1)～(4

）の各工程を含んでなる。このような制御方法によれば、波長分散補償器に入射される光の波長に対応させて反射器の位置が最適化されるため、波長分散値の波長依存性が低減されるようになる。

【0011】

また、本発明による制御方法の第2の態様は、（1）前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応させて、前記光部品の透過波長特性に関するデータを取得して記憶し、（2）運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、（3）前記光部品の温度を測定し、（4）前記記憶したデータのうちから前記設定条件および前記光部品の温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、（5）該判断結果に従って前記光部品の温度を制御し、波長分散補償の運用を開始する、（1）～（5）の各工程を含んでなる。このような制御方法によれば、光部品の温度が最適化されるため、周囲環境の温度変動や波長分散値の設定変更に伴う透過波長特性の変化が抑えられるようになる。

【0012】

上述したような第1および第2の態様による波長分散補償器の制御方法は、反射器の位置の制御および光部品の温度の制御が独立しているので、各々の制御の組み合わせも可能である。また、本発明の波長分散補償器は、上述したような制御方法を適用して構成したものである。

上記のように温度制御と反射器の位置制御とを組み合わせることで、分散値と透過特性を最適な値に調整することが可能となる。

【発明の効果】

【0013】

本発明の波長分散補償器の制御方法および波長分散補償器によれば、波長分散補償器に入射される光の波長に対応させて反射器の位置を最適化することで、波長分散値の波長依存性を低減させることができる。また、分波機能を備えた光部品の温度を最適化することで、周囲環境の温度変動や波長分散値の設定変更に伴う透過波長特性の変化を効果的に抑えることができる。これにより、入射光の任意の波長について安定した波長分散補償を実現することが可能になる。

【0014】

なお、本発明の他の目的、特徴および利点に関しては、添付図面に関連する実施の形態についての以下の説明で明白になるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明を実施するための最良の形態について添付図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明にかかる波長分散補償器の一実施形態の構成を示す機能ブロック図である。

図1において、本実施形態の波長分散補償器は、例えば、相対する平行な2つの反射面を有する素子としてのVIPA板1と、そのVIPA板1の照射窓1Dに対して一線分上に集光するWDM光を入射可能にする、光サーキュレータ2、光ファイバ3、コリメートレンズ4およびライン焦点レンズ5からなる光学系と、VIPA板1で多重反射されて一方の平行平面から出射される光束を1点に集光する収束レンズ6と、その収束レンズ6で集光された光を所要の位置で反射し、収束レンズ6を介してVIPA板1に戻すための反射器としての自由曲面ミラー7と、VIPA板1を含む所要の光部品が内部に収納されVIPA板1の温度を調整するヒータを備えたケース8と、VIPA板1の温度を測定する第1温度センサ9aおよび本波長分散補償器の周囲環境の温度を測定する第2温度センサ9bと、各温度センサ9a、9bで測定される温度および記憶部11に記憶されたデータに基づいて自由曲面ミラー7の位置およびVIPA板1の温度を制御する制御部10と、を備えて構成される。

【0016】

VIPA板1は、上述の図6～図8に示した従来の構成で用いられるVIPA板110と同様に、対向する平行平面を備えたガラス板1Aと、そのガラス板1Aの一方の平行平面に形成された反射多層膜1Bと、他方の平行平面に形成された反射多層膜1Cおよび照射窓1Dと、を有する。このVIPA板1は、照射窓1Dに入射される光の光軸が垂直入射となる角度に対して所要の角度だけ傾けられている。

【0017】

ガラス板1Aは、線形熱膨張および温度に依存した屈折率変化を有する物質を用いて製作されている。具体的には、例えばオハラ株式会社製ガラスS-TIH53などの公知の材料を使用することが可能である。なお、ガラス板1Aに使用する材料は上記の具体例に限定されるものではない。

反射多層膜1Bは、照射窓1Dから入射されるWDM光に対して100%より低い（好ましくは95～98%程度）反射率を有し、ガラス板1Aの一方の平面全体に形成されている。また、反射多層膜1Cは、照射窓1Dから入射されるWDM光に対して略100%の反射率を有し、ガラス板1Aの他方の平面の一部分に形成されている。ガラス板1Aの他方の平面の反射多層膜1Cが形成されていない部分は、WDM光に対して透明な照射窓1Dとなっている。

【0018】

光サーキュレータ2は、例えば、3つのポートを有し、第1ポートから第2ポートに向かう方向、第2ポートから第3ポートに向かう方向、第3ポートから第1ポートに向かう方向に光を伝達する一般的な光部品である。ここでは本波長分散補償器に入力されるWDM光が、光サーキュレータ2の第1ポートに与えられ、第2ポートを介して光ファイバ3の一端に送られると共に、光ファイバ3の他端に戻されてきたWDM光が、第2ポートを介して第3ポートから本波長分散補償器の出力光として出力される。

【0019】

光ファイバ3は、例えばシングルモードファイバ等の一端を光サーキュレータ2の第2ポートに接続し、他端をコリメートレンズ4の近傍に配置したものである。なお、光ファイバ3の種類は上記に限られるものではない。

コリメートレンズ4は、光ファイバ3の他端から出射される光ビームを平行光に変換してライン焦点レンズ5に与える一般的なレンズである。

【0020】

ライン焦点レンズ5は、コリメートレンズ4からの平行光を1つの線分の上に集光させるものであり、具体的にはシリンドリカルレンズや屈折率分布レンズなどを用いることが可能である。

収束レンズ6は、VIPA板1で多重反射して反射多層膜1B側から出射され、相互に干渉して進行方向が波長ごとに異なる複数の光束をそれぞれ1点に集光する一般的なレンズである。

【0021】

自由曲面ミラー7は、例えば、表面形状が非球面の3次元構造となっており、その非球面ミラー上には設計基準となる中心軸が存在する。この自由曲面ミラー7は、位置調整部として機能する図示しない移動ステージ上に取り付けられていて、移動ステージの走行軸と中心軸の各方向（図1におけるX軸方向）とが平行となるように配置されている。この自由曲面ミラー7は、後述するように制御部10からの制御信号Cpに従って移動ステージによりX軸またはY軸方向に移動される。

【0022】

ケース8は、例えば、温度調整部として機能する図示しないフィルムヒータを外側の側面に設けた円筒形の容器等であって、ここでは、コリメートレンズ4、ライン焦点レンズ5、VIPA板1および収束レンズ6が上記容器内部の所定の位置に收容されている。フィルムヒータは、その動作が後述するように制御部10からの制御信号Ctに従って制御される。

【0023】

温度センサ 9 a は、例えば、V I P A 板 1 の反射多層膜 1 C の外側表面に取り付けられていて、測定した V I P A 板 1 の温度を示す信号 T a を制御部 1 0 に出力する。なお、温度センサ 9 a の取り付け場所は上記の位置に限られるものではなく、V I P A 板 1 の温度が測定可能な任意の場所に取り付けることが可能である。一方、温度センサ 9 b は、例えば、ケース 8 の外方に設けられていて、本波長分散補償器が設置される周囲環境の温度を測定し、その測定結果を示す信号 T b を制御部 1 0 に出力する。この温度センサ 9 b で測定される温度は、ケース 8 のフィルムヒータの動作状態には殆ど影響されないものとする。

【0024】

制御部 1 0 は、各温度センサ 9 a、9 b における測定結果および記憶部 1 1 に記憶されたデータに基づいて、波長分散値の波長依存性を低減させるために自由曲面ミラー 7 の位置を最適化する制御信号 C p を移動ステージに送ると共に、周囲環境の温度変動や波長分散値の設定変更に伴う透過波長特性の変化を抑えるために V I P A 板 1 の温度を最適化する制御信号 C t をフィルムヒータに送る。

【0025】

次に、本実施形態の動作について図 2 のフローチャートを参照しながら説明する。

上記のような構成の波長分散補償器では、WDM 光に対する波長分散補償動作を開始する前に、図 2 のステップ 1 0 (図中 S 1 0 で示し、以下同様とする) において、制御部 1 0 による自由曲面ミラー 7 の位置および V I P A 板 1 の温度の最適化制御のために必要となる各種のデータが計測により取得されて記憶部 1 1 に記憶される。

【0026】

この記憶部 1 1 に記憶されるデータは、例えば、自由曲面ミラー 7 の位置に対応させて計測した、信号光波長帯域内の各波長について実際に得られる波長分散値のデータを含んでいる。この波長分散値のデータは、具体的には、自由曲面ミラー 7 の形状を設計する際に基準とした中心波長で得られる波長分散値に対して他の波長で得られる波長分散値の差を示すデータとなる。また、記憶部 1 1 の記憶データは、V I P A 板 1 の温度に対応させて計測した透過波長特性に関するデータも含んでいる。透過波長特性に関するデータとしては、例えば、エタロンの周期的な透過帯域の中心波長や、透過帯域内の最小挿入損失波長、透過帯域内の挿入損失特性の変曲点波長などといった透過波長特性の基準となるパラメータが挙げられる。さらに、記憶部 1 1 の記憶データは、上記 V I P A 板 1 の温度に対応した透過波長特性に関するデータについて、波長分散補償器の周囲環境の温度が変動したときの誤差に関するデータを含むものとする。

【0027】

なお、ここでは記憶部 1 1 に事前に記憶させるデータを計測により取得するものとしたが、少なくとも 2 つのポイントで計測したデータを基に多項近似式などを用いて他のポイントでのデータを推定することもできる。また、記憶部 1 1 の記憶データは、上記の具体例に限定されるものではなく、自由曲面ミラー 7 の位置および V I P A 板 1 の温度の最適化制御のために利用可能な任意のデータとすることができる。

【0028】

上記のようにして記憶部 1 1 へのデータの記憶が行われると、次に、ステップ 2 0 において、運用時の設定条件が制御部 1 0 に対して入力される。ここで入力される設定条件は、例えば、本波長分散補償器において補償する波長分散値の設定や、入力される WDM 光の波長情報 (具体的には、チャンネル数や使用波長等)、前述した透過波長特性に関するデータに対応した波長設定条件 (具体的には、周期的な透過帯域の幅を定義するための条件等) を含んでいる。

【0029】

設定条件の入力が終了すると、ステップ 3 0 において、波長分散補償に要求される精度等に応じて、温度センサ 9 b の測定結果を制御に利用するか否かの判定が行われる。より高い精度の波長分散補償が要求される場合には温度センサ 9 b の測定結果を制御に利用するためにステップ 4 0 に進み、それ以外の場合にはステップ 5 0 に進む。

ステップ40では、温度センサ9aによりVIP A板1の温度が測定されると共に、温度センサ9bにより波長分散補償器の周囲環境の温度が測定され、各温度センサ9a、9bの測定結果を示す信号Ta、Tbが制御部10に出力される。

【0030】

ステップ42では、各温度センサ9a、9bからの出力信号Ta、Tbを受けた制御部10において、VIP A板1の温度および波長分散補償器の周囲環境の温度に応じて記憶部11の記憶データが読み取られ、ステップ20で入力された設定条件に対応させて、所望の波長分散値がWDM光の各波長について得られるような自由曲面ミラー7の最適な位置と、温度変動や波長分散値の設定に拘わらず略一定な透過波長特性が得られるようなVIP A板1の最適な温度とがそれぞれ判断される。なお、VIP A板1の最適温度については、温度センサ9bで測定された波長分散補償器の周囲環境の温度に応じて、VIP A板1の実際の温度に関する補正が行われるものとし、透過波長特性がより高い精度で一定となるようにしている。そして、判断された自由曲面ミラー7の最適な位置に従って、自由曲面ミラー7の移動ステージを制御するための制御信号Cpが制御部10から出力されると共に、VIP A板1の最適な温度に従って、ケース8のフィルムヒータを制御するための制御信号Ctが制御部10から出力される。

【0031】

ステップ44では、制御部10からの制御信号Cpに従って移動ステージが駆動され、自由曲面ミラー7が最適な位置にフィードフォワード制御される。また、制御部10からの制御信号Ctに従ってフィルムヒータの動作状態が調整され、VIP A板1が最適な温度にフィードフォワード制御される。

一方、温度センサ9bの測定結果を制御に利用した場合のステップ50では、温度センサ9aによりVIP A板1の温度が測定され、その測定結果を示す信号Taのみが制御部10に出力される。

【0032】

ステップ52では、温度センサ9aからの出力信号Taを受けた制御部10において、VIP A板1の温度に応じて記憶部11の記憶データが読み取られ、ステップ20で入力された設定条件に対応させて、所望の波長分散値がWDM光の各波長チャネルについて得られるような自由曲面ミラー7の最適な位置と、温度変動や波長分散値の設定に拘わらず略一定な透過波長特性が得られるようなVIP A板1の最適な温度とがそれぞれ判断される。そして、判断された自由曲面ミラー7の最適な位置に従って、自由曲面ミラー7の移動ステージを制御するための制御信号Cpが制御部10から出力されると共に、VIP A板1の最適な温度に従って、ケース8のフィルムヒータを制御するための制御信号Ctが制御部10から出力される。

【0033】

ステップ54では、制御部10からの制御信号Cpに従って移動ステージが駆動され、自由曲面ミラー7が最適な位置にフィードフォワード制御される。また、制御部10からの制御信号Ctに従ってフィルムヒータの動作状態が調整され、VIP A板1が最適な温度にフィードフォワード制御される。

上記のような一連の処理によって自由曲面ミラー7の位置およびVIP A板1の温度のフィードフォワード制御が終了すると、ステップ60に移って、本波長分散補償器の運用が開始され、入力されるWDM光の波長分散補償が行われる。

【0034】

具体的に、運用時の波長分散補償器の動作を説明すると、WDM光が光サーキュレータ2の第1ポートに入力され、そのWDM光が光サーキュレータ2の第2ポートを介して光ファイバ3に送られる。光ファイバ3から出射されたWDM光は、コリメートレンズ4で平行光に変換された後、ライン焦点レンズ5によって一線分上に集光されて、制御部10により温度が最適化されたVIP A板1の対向する平行平面の間に入射される。このVIP A板1への入射光は、上述の図8に示した従来の場合と同様にして、VIP A板1の平行平面に形成された各反射多層膜1B、1Cの間で多重反射を繰り返す。その際、反射多

層膜 1 B の面で反射するごとに数%の光が当該反射面を透過して V I P A 板 1 の外に出射される。

【0035】

V I P A 板 1 を透過した光は、相互に干渉し、波長に応じて進行方向の異なる複数の光束がそれぞれ形成される。V I P A 板 1 の反射多層膜 1 B 側から異なる方向に出射された各波長の光束は、収束レンズ 6 により集光されて、制御部 10 により位置が最適化された自由曲面ミラー 7 の中心軸上の異なる位置でそれぞれ反射される。そして、自由曲面ミラー 7 で反射された各波長の光は、反射される前に伝搬してきた光路を反対の方向にそれぞれ進み、収束レンズ 6、V I P A 板 1、ライン焦点レンズ 5、コリメートレンズ 4 および光ファイバ 3 を順に通過して、光サーキュレータ 2 の第 3 ポートから出力される。これにより、本波長分散補償器に入力される WDM 光に対して、自由曲面ミラー 7 の位置に応じて設定される所要量の波長分散補償を施した WDM 光が波長分散補償器から出力されるようになる。

【0036】

上記のような運用時の一連の動作が行われている間においても、前述したステップ 30 およびステップ 40～44 またはステップ 50～54 の各処理が繰り返して実行され、自由曲面ミラー 7 の位置および V I P A 板 1 の温度がフィードバック制御されるようにする。このようなフィードバック制御により、安定した波長分散補償を行うことが可能になる。

【0037】

図 3 および図 4 は、本波長分散補償器によって実現される透過波長特性の一例を示したものである。具体的に、図 3 は、波長分散補償器の周囲環境の温度が 0℃、30℃および 75℃に変動したときの各透過波長特性を表し、図 4 は、波長分散値の設定を 1036.9 ps/nm、18.7 ps/nm および -1106.4 ps/nm に変更したときの各透過波長特性を表している。

【0038】

図 3 に示すように、本波長分散補償器によれば、周囲環境の温度が 0～75℃の範囲で変動しても、フィルムヒータにより V I P A 板 1 の温度を制御することによって、上述の図 10 に示したような透過波長特性の波長軸方向のシフトを利用して、透過波長特性を略一定に保つことが可能である。また、図 4 に示すように、波長分散値の設定が変更されても、透過帯域の中心波長若しくは透過帯域内の最小挿入損失波長が略同じ値になっており、上述の図 11 に示した従来の場合のような透過波長特性の変化を抑圧することが可能になっている。

【0039】

なお、図 4 の一例では、透過帯域の中心波長若しくは透過帯域内の最小挿入損失波長が略同一になる場合を示したが、例えば、透過帯域内で挿入損失が極大になるような変曲点が存在するようなときには、その変曲点波長が略同じ値になるように、V I P A 板 1 の温度を制御することも可能である。

上記のように本実施形態の波長分散補償器によれば、WDM 光の波長に対応させて自由曲面ミラー 7 の位置を最適化することで、波長分散値の波長依存性を低減させることができる。また、V I P A 板 1 の温度を最適化することで、周囲環境の温度変動や波長分散値の設定変更に伴う透過波長特性の変化を効果的に抑えることができる。これにより、WDM 光の任意の波長について安定した波長分散補償を実現することが可能になる。

【0040】

次に、上述したような本発明による波長分散補償器を用いて構成した光伝送ネットワークについて説明する。

図 5 は、上記光伝送ネットワークの一実施形態の構成を示す機能ブロック図である。

図 5 において、本光伝送ネットワークは、例えば、光送信局 50 および光受信局 51 の間を光ファイバ伝送路 52 によって接続し、その光ファイバ伝送路 52 上に所要の中継間隔で光増幅器 53 を配置し、さらに、各光増幅器 53 には、各々の中継区間を伝送された

WDM光に発生した波長分散を補償することが可能な分散補償ファイバ(DCF)54または上述した本発明による波長分散補償器(VIPA)55を接続して構成される。

【0041】

光送信局50は、例えば、波長の異なるN波の光信号を生成する光送信器(Tx#1~Tx#N)50Aと、各光送信器50Aから出力される光信号を合波してWDM光を光ファイバ伝送路52に送信するWDMカプラ50Bとを有する。光受信局51は、光ファイバ伝送路52および光増幅器53を介して中継伝送されたWDM光を波長に応じて分波するWDMカプラ51Aと、分波されたN波の光信号をそれぞれ受信処理する光受信器(Rx#1~Rx#N)51Bとを有する。光ファイバ伝送路52は、例えばシングルモードファイバや分散シフトファイバ等の一般的な光伝送用ファイバが用いられている。

【0042】

各光増幅器53は、光ファイバ伝送路52を伝送されるWDM光を一括して所要のレベルまで増幅することが可能な希土類ドープ光ファイバ増幅器、ラマン増幅器または半導体光増幅器等の公知の光増幅器である。分散補償ファイバ53は、光増幅器53内の所要の位置からWDM光を取り出し、そのWDM光に生じた波長分散を補償することが可能な周知の分散補償ファイバである。本実施形態では、予め設定した中継区間数ごとに光増幅器53に接続される分散補償ファイバ53が、本発明を適用したVIPA型波長分散補償器55に置き換えられている。

【0043】

上記のような構成の光伝送ネットワークでは、光送信局50から送信されたWDM光が光ファイバ伝送路52および光増幅器53を介して光受信局51まで中継伝送される。このWDM光の中継伝送の際に各中継区間で発生する波長分散が各々の中継区間の光増幅器に接続された分散補償ファイバ54またはVIPA型波長分散補償器55によって補償される。特に、VIPA型波長分散補償器55で行われる波長分散補償は上述したようにその補償量が波長に対応させて任意に設定できるため、波長分散補償量が固定となる分散補償ファイバ54で補償しきれずに累積した波長分散がVIPA型波長分散補償器55によってまとめて補償できるようになる。これにより、光送信局50および光受信局51の間を伝送されるWDM光に発生する波長分散を確実に補償して、安定したWDM光の中継伝送を実現することが可能になる。

【0044】

なお、上記の実施形態の光伝送ネットワークでは、本発明を適用したVIPA型波長分散補償器55を予め設定した中継区間数ごとに配置した一例を示したが、すべての中継区間における波長分散補償を本発明によるVIPA型波長分散補償器55によって行うようにしてもよい。また、分散補償ファイバ54またはVIPA型波長分散補償器55が光増幅器53内に接続される場合を説明したが、本発明はこれに限らず、光ファイバ伝送路上の任意の位置に分散補償ファイバ54またはVIPA型波長分散補償器55を配置してWDM光の波長分散補償を行うことも勿論可能である。

【0045】

以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【0046】

(付記1) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを取得して記憶し、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、

前記記憶したデータのうちから前記設定条件に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断し、

該判断結果に従って前記反射器の位置を制御し、波長分散補償の運用を開始することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 4 7 】

(付記 2) 相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応させて、前記光部品の透過波長特性に関するデータを取得して記憶し、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、

前記光部品の温度を測定し、

前記記憶したデータのうちから前記設定条件および前記光部品の温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、

該判断結果に従って前記光部品の温度を制御し、波長分散補償の運用を開始することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 4 8 】

(付記 3) 付記 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応した透過波長特性について、前記波長分散補償器の周囲環境の温度が変動したときの誤差に関するデータを取得して記憶し、

前記波長分散補償器の周囲環境の温度を測定し、

該測定した波長分散補償器の周囲環境の温度に応じて前記記憶したデータを読み取り、該読み取ったデータに従って、前記判断した光部品の温度を補正することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 4 9 】

(付記 4) 付記 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

波長分散補償の運用を開始した後に、前記光部品の温度を測定し、該測定した光部品の温度に応じて前記記憶したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて前記光部品の温度をフィードバック制御することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 5 0 】

(付記 5) 付記 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータが、透過帯域の中心波長であることを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 5 1 】

(付記 6) 付記 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータが、透過帯域内の最小挿入損失波長であることを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 5 2 】

(付記 7) 付記 2 に記載の波長分散補償器の制御方法であって、

前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータが、透過帯域内の挿入損失特性の変曲点波長であることを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【 0 0 5 3 】

(付記 8) 相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一

部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器の制御方法であって、

前記波長分散補償器による波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを取得して記憶すると共に、前記光部品の温度に対応させて、前記光部品の透過波長特性に関するデータを取得して記憶し、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件を入力し、

前記光部品の温度を測定し、

前記記憶したデータのうちから前記設定条件および前記光部品の温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断すると共に、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、

該各判断結果に従って前記反射器の位置および前記光部品の温度をそれぞれ制御し、波長分散補償の運用を開始することを特徴とする波長分散補償器の制御方法。

【0054】

(付記9) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器であって、

波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて取得した、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを記憶する記憶部と、

前記反射器の位置を可変にする位置調整部と、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件が入力され、前記記憶部に記憶されたデータのうちから前記設定条件に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断し、該判断結果に従って前記位置調整部を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

【0055】

(付記10) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器であって、

波長分散補償の運用を開始する前に、前記光部品の温度に対応させて取得した、前記光部品の透過波長特性に関するデータを記憶する記憶部と、

前記光部品の温度を測定する第1温度センサと、

前記光部品の温度を可変にする温度調整部と、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件が入力され、前記記憶部に記憶されたデータのうちから前記設定条件および前記第1温度センサでの測定温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、該判断結果に従って前記温度調整部を制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

【0056】

(付記11) 付記10に記載の波長分散補償器であって、

周囲環境の温度を測定する第2温度センサを備え、

前記記憶部は、前記光部品の温度に対応した透過波長特性について、周囲環境の温度が変動したときの誤差に関するデータを予め記憶し、

前記制御部は、前記第2温度センサで測定した周囲環境の温度に応じて前記記憶部に記憶されたデータを読み取り、該読み取ったデータに従って、前記判断した光部品の温度を補正することを特徴とする波長分散補償器。

【0057】

(付記12) 付記10に記載の波長分散補償器であって、

前記制御部は、波長分散補償の運用を開始した後に、前記第1温度センサで測定される光部品の温度に応じて前記記憶部に記憶されたデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて前記温度調整部をフィードバック制御することを特徴とする波長分散補償器。

【0058】

(付記13) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を予め設定した位置で反射して前記光部品に戻す反射器とを備えて構成された波長分散補償器であって、

波長分散補償の運用を開始する前に、前記反射器の位置に対応させて取得した、入射光の波長帯域内の各波長における波長分散値に関するデータを記憶すると共に、前記光部品の温度に対応させて取得した、前記光部品の透過波長特性に関するデータを記憶する記憶部と、

前記反射器の位置を可変にする位置調整部と、

前記光部品の温度を測定する第1温度センサと、

前記光部品の温度を可変にする温度調整部と、

運用時に補償する波長分散値および入射光の波長情報を含んだ設定条件が入力され、前記記憶部に記憶されたデータのうちから前記設定条件および前記第1温度センサでの測定温度に対応したデータを読み取り、該読み取ったデータに基づいて、運用時における波長分散値の波長依存性を低減可能にする前記反射器の位置を判断すると共に、前記光部品の透過波長特性の基準となるパラメータを略一定にする前記光部品の温度を判断し、該各判断結果に従って前記位置調整部および前記温度調整部をそれぞれ制御する制御部と、

を備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

【0059】

(付記14) 光送信局および光受信局の間で光ファイバ伝送路を介して信号光の伝送を行う光伝送ネットワークにおいて、

付記9～13のいずれか1つに記載の波長分散補償器を用いて、前記光ファイバ伝送路上を伝送される信号光に発生した波長分散の補償を行うことを特徴とする光伝送ネットワーク。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】 本発明にかかる波長分散補償器の一実施形態の構成を示す機能ブロック図である。

【図2】 上記実施形態による波長分散補償器の動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】 上記実施形態の波長分散補償器について温度変動に対する透過波長特性の一例を示す特性図である。

【図4】 上記実施形態の波長分散補償器について波長分散値の設定を変更したときの透過波長特性の一例を示す特性図である。

【図5】 本発明にかかる光伝送ネットワークの一実施形態の構成を示す機能ブロック図である。

【図 6】従来の V I P A 型波長分散補償器の構成例を示す斜視図である。

【図 7】図 6 の構成例の上面図である。

【図 8】従来の V I P A の動作原理を説明するためのモデルを示す図である。

【図 9】V I P A 板における角分散の波長依存性に起因して発生する波長分散値の誤差を説明するための図である。

【図 1 0】V I P A 板の温度変化に対して透過波長特性が波長軸方向にシフトする様子を例示した図である。

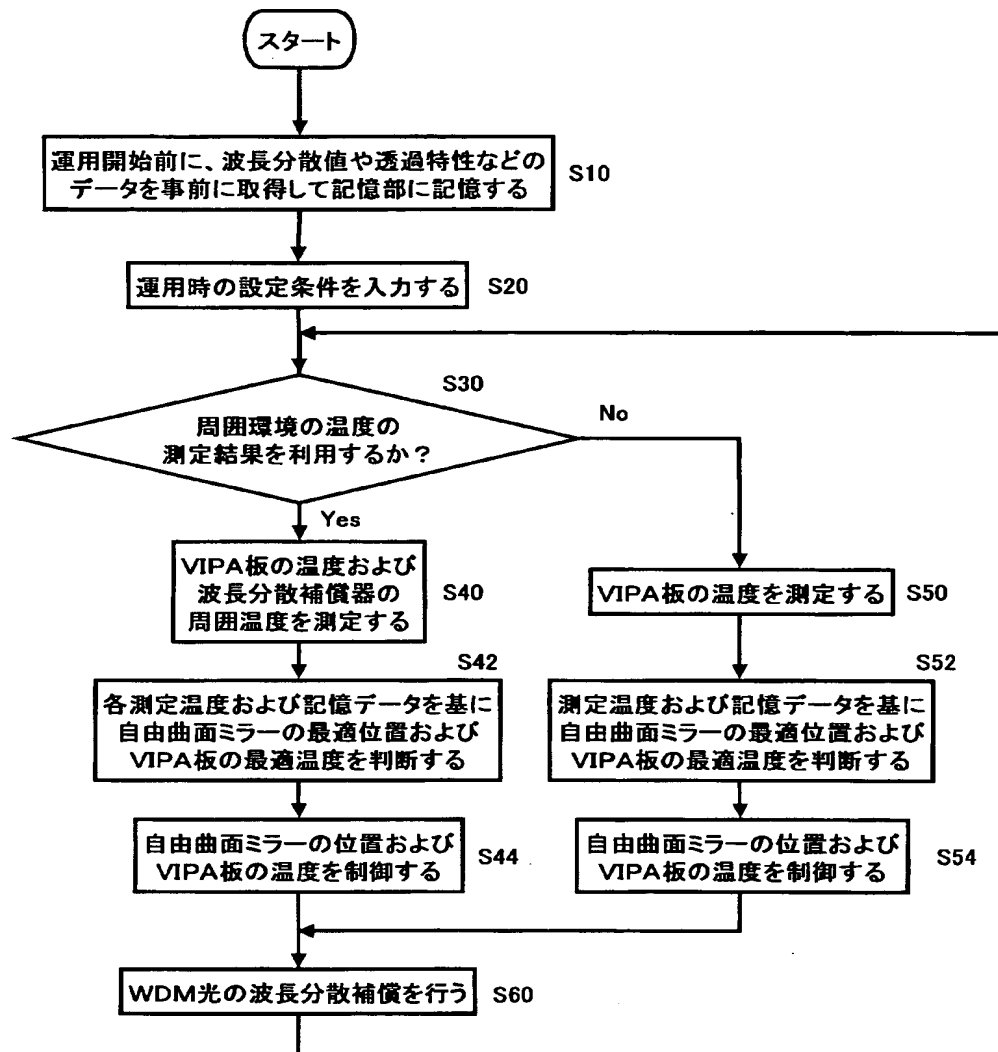
【図 1 1】従来の V I P A 型波長分散補償器について波長分散値の設定に応じて透過波長特性が変化する様子を例示した図である。

【符号の説明】

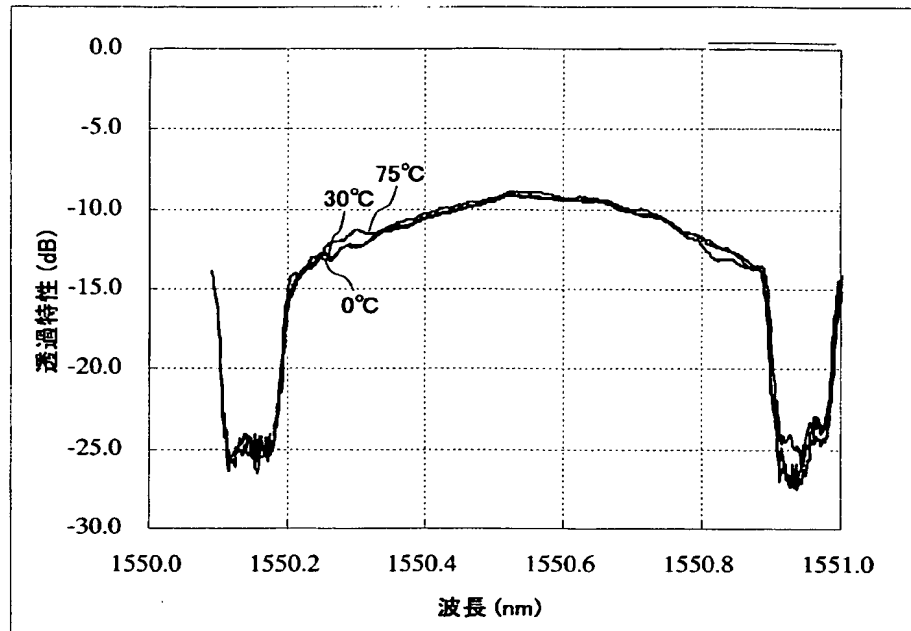
【 0 0 6 1 】

- 1 … V I P A 板
- 1 A … ガラス板
- 1 B, 1 C … 反射多層膜
- 1 D … 照射窓
- 2 … 光サーキュレータ
- 3 … 光ファイバ
- 4 … コリメートレンズ
- 5 … ライン焦点レンズ
- 6 … 収束レンズ
- 7 … 自由曲面ミラー
- 8 … ケース
- 9 a, 9 b … 温度センサ
- 1 0 … 制御部
- 1 1 … 記憶部
- 5 0 … 光送信局
- 5 1 … 光受信局
- 5 2 … 光ファイバ伝送路
- 5 3 … 光増幅器
- 5 4 … 分散補償ファイバ
- 5 5 … V I P A 型波長分散補償器

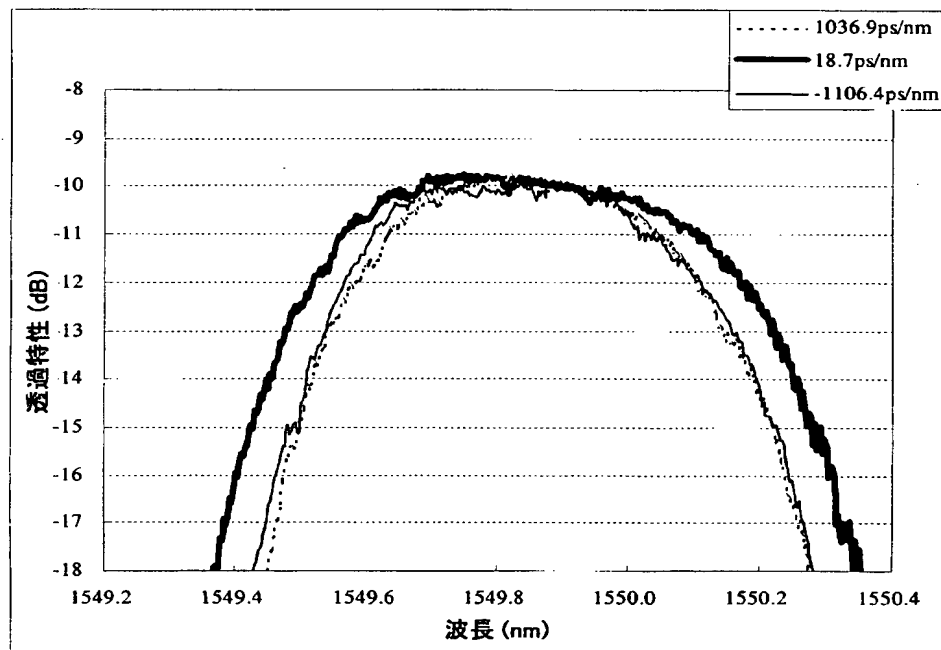
【図 2】



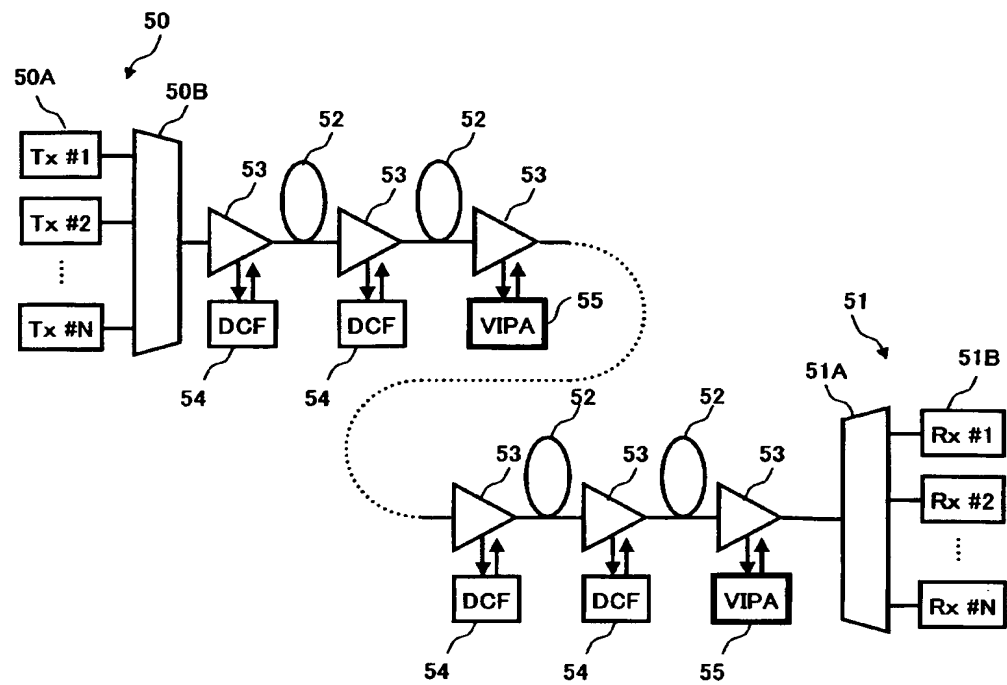
【図 3】



【図 4】

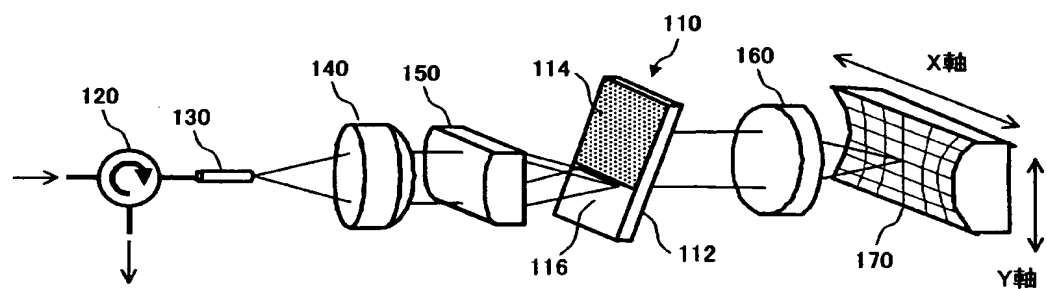


【図 5】



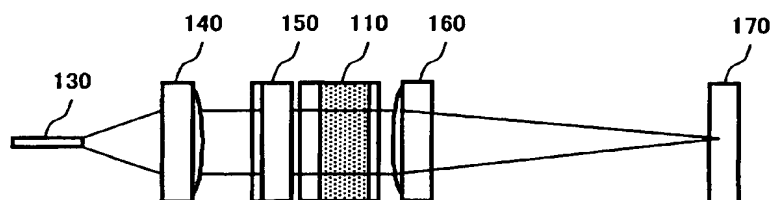
【図 6】

関連技術



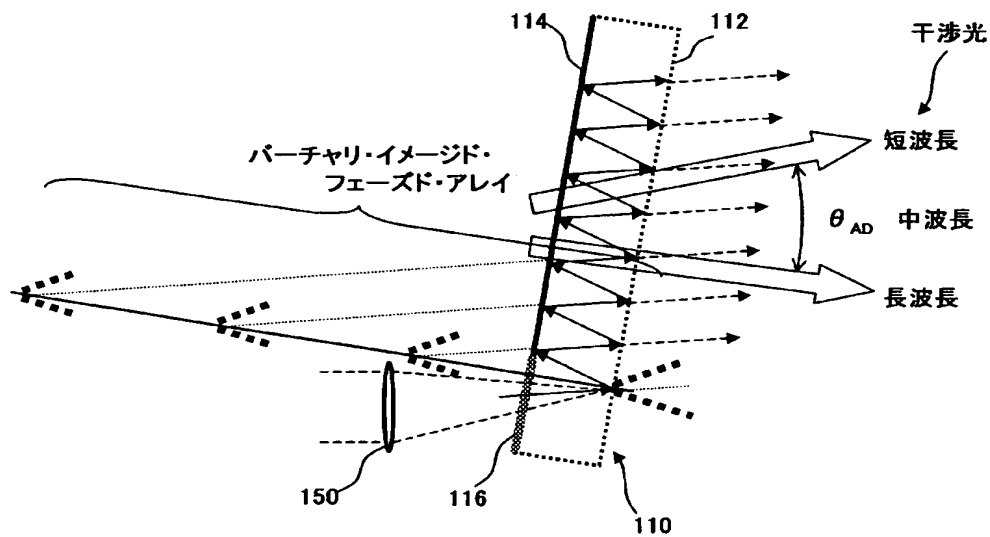
【図 7】

関連技術



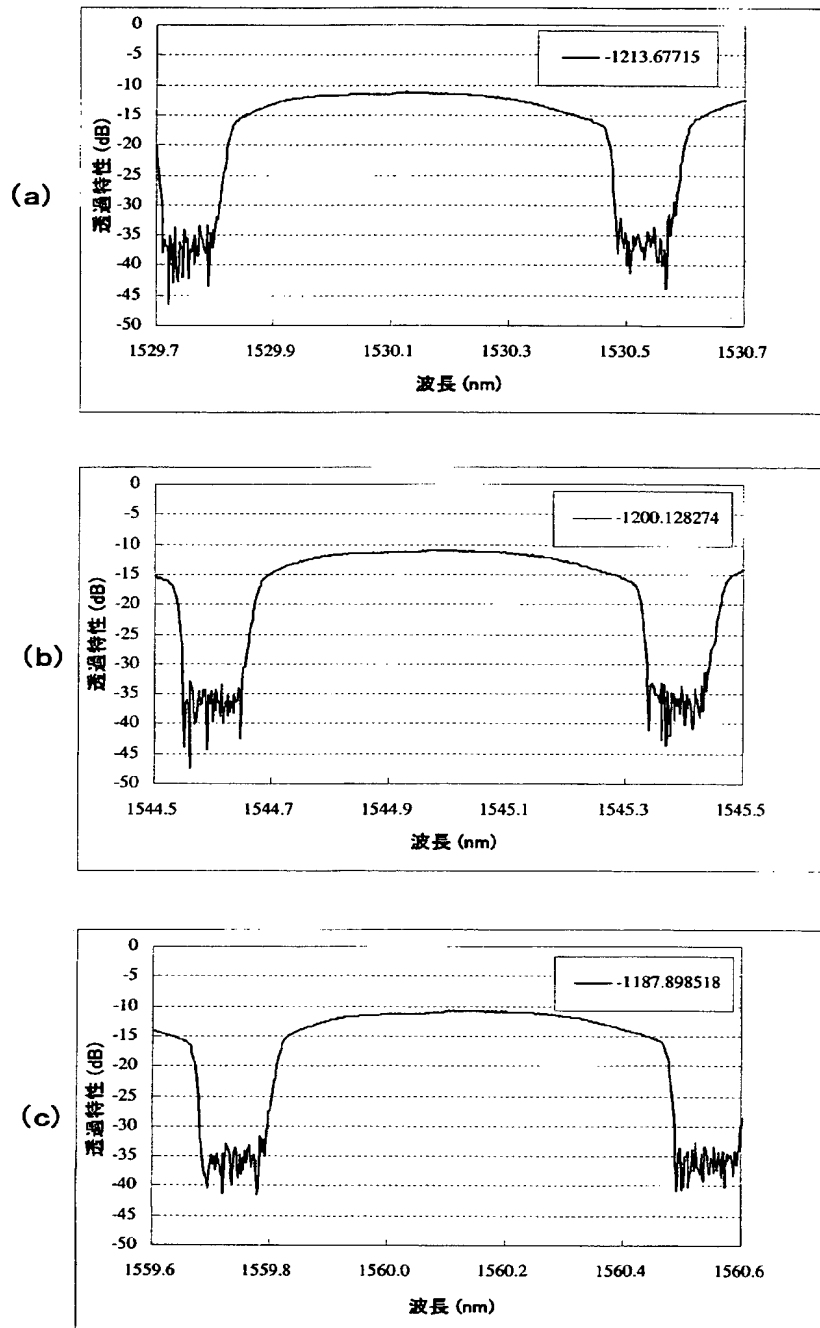
【図 8】

関連技術



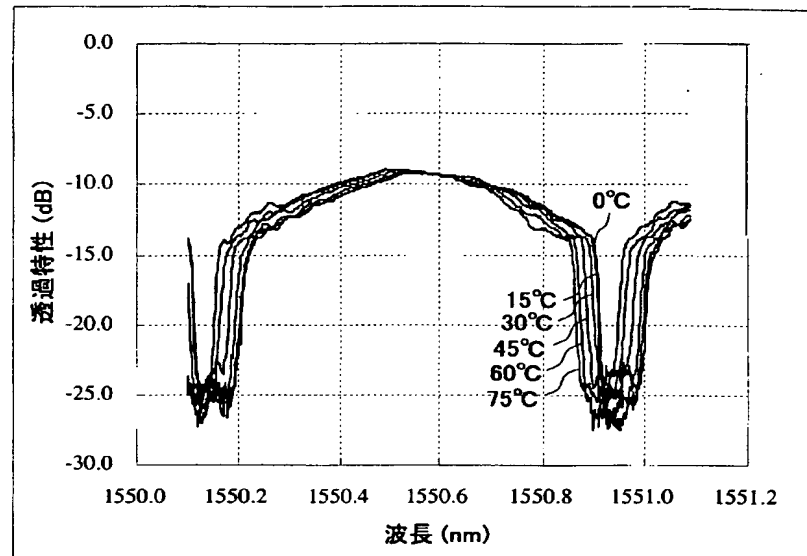
【図 9】

関連技術



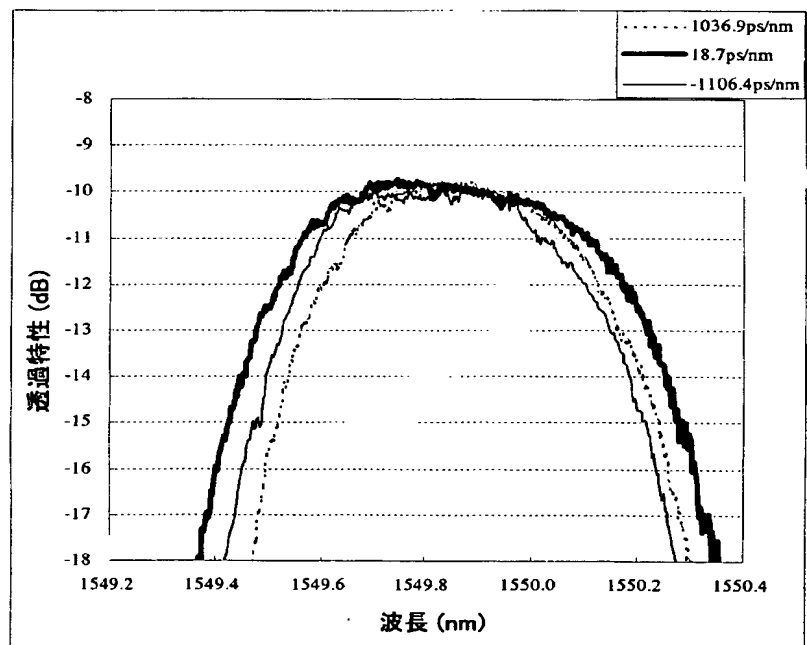
【図 10】

関連技術



【図 11】

関連技術



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 V I P A 型波長分散補償器について波長分散値の波長依存性を低減すると共に、温度変動等に伴う透過波長特性の変化を抑えるための制御技術を提供する。

【解決手段】 本発明の V I P A 型波長分散補償器は、入射光を波長に応じて異なる方向に出射することが可能な V I P A 板 1 と、V I P A 板 1 から出射される各波長の光を予め設定した位置で反射して V I P A 板 1 に戻す自由曲面ミラー 7 と、V I P A 板 1 の温度を可変にするヒータを設けたケース 8 と、V I P A 板 1 の温度および周囲環境の温度を測定する温度センサ 9 a, 9 b と、運用開始前に計測等して記憶部 11 に記憶させたデータを温度センサ 9 a, 9 b の測定結果に応じて読み取り、その読み取ったデータに基づいて、自由曲面ミラー 7 の位置および V I P A 板 1 の温度を最適化する制御部 10 と、を備えて構成される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 1 1 0 8 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社